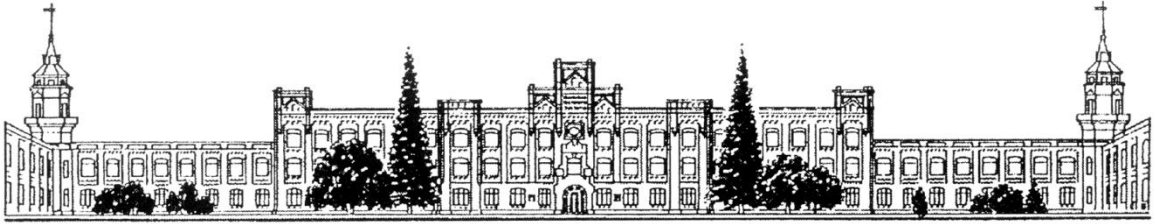


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**



**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА**  
**БУДІВЕЛЬНИХ ТА ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ - 2. ОБЛАДНАННЯ**  
**ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРІВ**  
**Лабораторний практикум з навчальної дисципліни**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для студентів,  
які навчаються за спеціальністю  
6.050503 «Машинобудування»,  
спеціалізація «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних  
матеріалів»*

(денна форма навчання)

КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2018

Технологічне обладнання виробництва будівельних та полімерних виробів -  
2. Обладнання для переробки полімерів. Лабораторний практикум з навчальної  
дисципліни [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів, які навчаються за  
спеціальністю 6.050503 «Машинобудування», спеціалізація «Обладнання  
хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» / КПІ ім. Ігоря  
Сікорського; уклад.: В. І. Сівецький, В. М. Куриленко, І. І. Івіцький. – Електронні  
текстові дані (1 файл: 2,16 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. –  
39 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 13 від 22.11.2018 р.)  
за поданням Вченої ради інженерно-хімічного факультету (протокол № 9 від 30.10.2018 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА  
БУДІВЕЛЬНИХ ТА ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ - 2. ОБЛАДНАННЯ  
ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРІВ  
Лабораторний практикум з навчальної дисципліни**

Укладачі: *Сівецький Володимир Іванович*, канд. техн. наук, проф.  
*Куриленко Валерій Миколайович*, аспірант  
*Івіцький Ігор Ігорович*, канд. техн. наук

Відповідальний  
редактор *Гондляр О. В.*, д-р. техн. наук, проф.

Рецензенти: *Степанюк А. Р.*, к-т. техн. наук, доц.

Призначення лабораторного практикуму – закріпити та поглибити теоретичний програмний матеріал, оволодіти практичними навичками роботи в лабораторії полімерного обладнання шляхом самостійного експериментального дослідження полімерпереробного обладнання. Практикум містить описи 8 лабораторних робіт. Кожній групі робіт передують коротка теоретична частина, яка знайомить студентів з поняттями, використовуваними в роботах, обґрунтовується вибір теми, об'єкта і методу дослідження. Для кожної роботи сформульована мета, перераховані матеріали, обладнання, прилади, необхідні для її виконання. Далі наводиться опис прийомів, які використовуються для виконання конкретних завдань. У кінці кожної лабораторної роботи дається список літератури, в якій більш детально розглянуті питання до представленої тематики. Для якісного виконання роботи і самоконтролю студентів запропоновані контрольні питання до кожної представленої теми. Залежно від програми читаного курсу, оснащення лабораторії, наявності необхідних матеріалів викладач може вибирати (варіювати) відповідні теми, роботи і завдання.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018

## ВСТУП

Навчальну дисципліну «Технологічне обладнання виробництва будівельних та полімерних виробів - 2. Обладнання для переробки полімерів» вивчають студенти інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського, напрямку «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» протягом IV курсу 7 навчального семестру. В процесі навчання студенти прослуховують курс лекцій, практичних занять та опановують лабораторний практикум.

**Мета** вивчення навчальної дисципліни:

- опанування загальними поняттями та навиками, пов'язаними з основними проблемами, що виникають під час функціонування сучасних промислових та інших технологічних об'єктів по виготовленню полімерної продукції;
- формування розуміння основних напрямків та підходів до вивчення обладнання переробки полімерів;
- усвідомлення перспективи створення та впровадження нових видів технологій та устаткування в даній галузі.

Виконуючи лабораторні роботи, студенти мають змогу практично ознайомитися з деякими видами машин, що застосовуються на виробництві полімерних матеріалів, вивчити їх будову та можливості з метою створення в майбутньому власних прототипів і обслуговування існуючої техніки у сфері хімічного машинобудування.

Основне **завдання** навчальної дисципліни – сформувати чітке уявлення у студентів про безпосередню діяльність на майбутньому робочому місці, як інженера, втіливши отримані знання в справу свого життя.

Після вивчення навчальної дисципліни, студент повинен зрозуміти основні проблеми, спричинені функціонуванням головних видів виробництва, орієнтуватись у можливих шляхах впровадження технологій, розуміти принципи роботи обладнання з яким в подальшому буде працювати, створювати нові принципи технологічних процесів за рахунок впровадження нових технологій та їх принципових обмежень.

Під час виконання лабораторних робіт студенти засвоюють практичні елементи реалізації деяких технологій полімерного обладнання.

Лабораторний практикум складається з восьми робіт, а саме:

Лабораторна робота №1. Дослідження конструкції і кінематики ротаційної таблетмашини. Лабораторна робота №2. Дослідження конструкції, кінематики та циклограми кривошипної таблетмашини. Лабораторна робота №3. Вивчення конструкції та циклограми роботи гідравлічної таблетмашини. Лабораторна робота №4. Вивчення конструкції та циклограми роботи машини для лиття полімерних матеріалів під тиском. Лабораторна робота №5. Вивчення конструкцій сопел та зворотних клапанів машин для лиття під тиском. Лабораторна робота №6. Дослідження конструктивних і енергосилових параметрів вальців. Лабораторна робота №7. Вивчення конструкції та кінематики каландра. Лабораторна робота №8. Конструкція та принцип дії видувної машини.

Кожну з вище згаданих робіт належить виконати, запротоколювати і здати викладачу. Завершення роботи полягає у поданні оформленого протоколу, результатів, висновків та знань розділів теоретичного матеріалу, що стосується конкретної лабораторної роботи.

Студенти виконують лабораторні роботи самостійно або побригадно за вказівкою викладача. Захист лабораторних робіт та їх оцінювання відбувається виключно індивідуально при бесіді з викладачем.

# ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРІВ

Студент до початку виконання роботи зобов'язаний вивчити правила техніки безпеки і безпечні методи роботи в лабораторіях переробки полімерів. Про вивчення правил техніки безпеки та отриманні інструктажу з безпечних методів роботи студент розписується в спеціальному журналі по техніці безпеки. Відповідальність за це несе керівник лабораторії. Студенти, що не вивчили правил техніки безпеки і не пройшли інструктаж, до виконання лабораторних робіт не допускаються.

Студент (група студентів) виконує тільки ту роботу, яка призначена викладачем, а при виконанні роботи користується тільки тими приладами, які знаходяться на його робочому столі і вказані в описі роботи.

## Правила безпеки

1) Під час роботи в лабораторії дотримуйтесь чистоти, порядку і правил техніки безпеки, оскільки безладність, поспішність або неохайність в роботі часто призводять до нещасних випадків з тяжкими наслідками.

2) Забороняється в лабораторії пити воду, приймати їжу, палити.

3) Усі полімерні матеріали слід зберігати тільки у відповідному посуді з етикетками.

4) Студентам забороняється приступати до роботи, не погодивши плану роботи з керівником.

5) Після закінчення користування лабораторними установками, потрібно негайно відключити електроприлади та повністю їх знеструмити. Йдучи з лабораторії, перевірте закінчення всіх процесів.

6) Особи, що порушують правила безпеки, притягуються до відповідальності.

## Перша допомога при виникненні травм

- При враженні електричним струмом – знеструмити постраждалого (не забувайте про власну безпеку!);

- При електричних опіках і ранах – накладіть стерильні пов'язки;

- При раптовій зупинці серця – нанесіть прекардіальний удар по грудині та приступіть до реанімації;

- При кровотечі – накладіть кровоспинний джгут, стисну пов'язку;

- При переломах кісток кінцівок – шини (можна використати будь-які підручні засоби);

- Характерними ознаками отруєння хімікатами є рясне слиновиділення, поява на обличчі, слизової рота і губ хімічних опіків. У результаті може пропасти голос, посиніти шкіра, утруднюючи дихання. У деяких випадках спостерігається блювота, нерідко з кров'ю.

Після всіх перелічених випадків обов'язково викличте швидку допомогу!

## **Вимоги до оформлення протоколу лабораторної роботи**

Перед тим, як оформляти свій перший протокол, потрібно ознайомитися з ГОСТ 3008–95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення»

Протоколи лабораторних робіт записують від руки, або друкують на листах формату А4 (210х297мм), використовуючи при цьому шрифт Times New Roman, з 12–м розміром та міжрядковим інтервалом 1,0. Але в окремих випадках, коли цього вимагає ситуація, з дозволу викладача можна змінювати вказані параметри. Ще однією особливістю при оформленні протоколу є те, що всі листи мають містити рамку, у перший лист протоколу, принципово, вставляється «велика» рамка, всі ж наступні – повинні мати «малу» рамку. «Велика» рамка на першому листі повинна бути коректно заповнена: вказаний номер лабораторної роботи, її повна назва, підписані виконавець та перевіряючий роботи, вказані група та факультет навчального закладу. Також має бути вказана загальна кількість сторінок та проведена нумерація сторінок на протязі всього протоколу. Протокол кожної роботи складається з її назви, мети, теоретичних відомостей, списку основної та додаткової літератури, опису методики в такому обсязі, який надасть змогу успішно виконати всі практичні завдання.

Далі наводяться результати лабораторної роботи: результати вимірювань, кінематичні схеми, необхідні розрахунки, кінцеві результати, графіки, діаграми (де потрібно). Закінчується протокол загальним висновком, який описує нові навички, або результати, отримані та усвідомлені студентом після виконання лабораторної роботи.

Після завершення лабораторної роботи оформлений протокол надається викладачу для перевірки.

Під час оцінювання враховується:

- I. правильність оформлення та структури протоколу лабораторної роботи;
- II. якість і точність виконання всіх операцій у ході лабораторної роботи, знання та розуміння її методики;
- III. знання теоретичних основ процесів і розділів лекційного курсу, що стосуються конкретної лабораторної роботи;
- IV. використання в роботі не тільки стандартного набору літератури, а залучення нових джерел, наприклад мережі «Internet» та інших засобів, що сприяють кращому засвоєнню даного матеріалу.

Під час виконання лабораторних робіт потрібно бути уважним і акуратним! Невеликі неточності, недотримання методики можуть спричинити незадовільний результат і повторне виконання роботи для отримання позитивного результату.

Приклад структури оформлення першої сторінки протоколу показана нижче.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №...

Повна назва лабораторної роботи

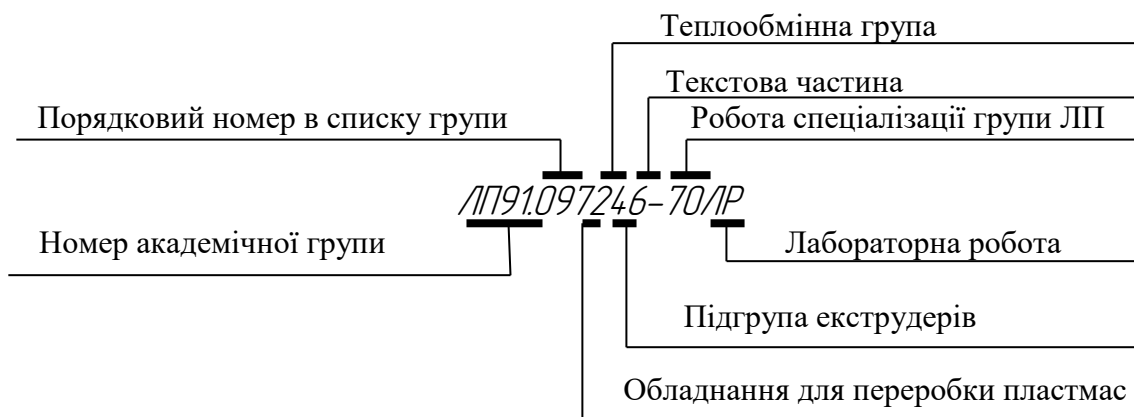
**Мета:** сформулювати конкретні завдання, які мають бути розглянуті при проведенні даної роботи.

### Хід лабораторної роботи:

Поетапно розписати план проведення лабораторної роботи впродовж всього заняття, бажано із зазначенням часу, який буде виділений на кожен із пунктів.

### Теоретичні відомості

В даній частині протоколу має бути розкритий та освоєний студентом теоретичний матеріал, який повністю відповідає темі роботи. Обсяг якого повинен складати не менше 4 сторінок. Теоретичний матеріал повинен містити в собі не тільки текстову частину, а бажано і схеми, рисунки, графіки і т. д..



### Завдання на лабораторну роботу

Перелік завдань, які потрібно виконати при виконанні лабораторної роботи.

### Контрольні запитання

Перелік питань, на які потрібно відповісти по закінченню виконання даної лабораторної роботи.

### Використані джерела:

Повний список літератури та інтернет ресурсів, які були використані при виконанні даної лабораторної роботи.

					ЛП91.097246-70/ЛР		
Змн.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата	Дослідження конструкції і кінематики ротаційної таблетмашини		
Разроб.	Іванов І. І.						
Перевір.	Сівецький В. І.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Сівецький В. І.				Літ. Арк. Архивів		
					1 12		
					НТУУ «КПІ», ІХФ, ХПСМ		

## Лабораторна робота №1

### Дослідження конструкції і кінематики ротаційної таблетмашини

**Мета:** дослідити конструкцію та циклограму роботи ротаційної таблетмашини. Розробити конструктивно-кінематичні схеми.

#### Хід лабораторної роботи:

1. Організаційна частина
  - 1.1 Перевірка наявності студентів
  - 1.2 Перевірка готовності студентів до лабораторного заняття
2. Вивчення загальних особливостей конструкції ротаційної таблетмашини.
  - 2.1 Складання конструктивно-кінематичних схем ротаційної таблетмашини різноманітного конструювання та призначення.
  - 2.2 Простановка позицій вузлів та деталей на розроблених схемах, їх опис роботи.
- 3 Формулювання висновків по лабораторній роботі.

#### Загальні теоретичні відомості

Машини для таблетування класифікують за такими ознакам:

1. по виду приводу (механічний, гідравлічний або комбінований);
2. по характеру переміщення формованого матеріалу і таблеток (періодичне і безперервне);
3. по характеру руху формувальних деталей машини (зворотно-поступальне, кругове);
4. по положенню осі переміщення пуансонів і матриць (вертикальне або горизонтальне);
5. за способом застосування зусилля (одностороннє або двостороннє стискування);
6. за типом пристроїв для компенсації тиску таблетування (механічні або гідравлічні компенсатори).

Машини з механічним приводом розділяють на ротаційні (чи карусельні) і ексцентрикові (чи кривошипні), а гідравлічні машини – на горизонтальні і вертикальні.

Найбільшого поширення набули ротаційні машини для таблетування. Вони відрізняються високою продуктивністю, проте не дозволяють отримувати великі таблетки (діаметром  $>50-60$  мм). На ексцентрикових машинах виготовляються точні по вазі таблетки (дрібні і великі, діаметром до 100 мм).

Дуже важливими в процесі таблетування є операції завантаження і дозування матеріалу. При недостатньо стабільній роботі пристроїв для завантаження і дозування матеріалу може спостерігатися значне відхилення ваги формованих таблеток від заданого значення.

На вертикальних машинах для таблетування матеріал засипається під дією власної ваги. Для завантаження необхідної кількості порошкоподібного матеріалу в матриці форми для таблетування застосовуються пристрої різного типу.



При таблетуванні отримують головним чином циліндричні таблетки. В деяких випадках застосовують також таблетки прямокутної, овальної, кільцеподібної і іншої конфігурації, формовані відповідними пуансонами в одногніздних і багатогніздних матрицях. Пресування виробів полегшується, якщо конфігурації таблеток і формованого виробу аналогічні.

Для розрахунку продуктивності  $Q$  (кг/год) ротаційної машини для таблетування використовують рівняння:  $Q=60GNmkn$  або  $Q=60(P/p)h\rho Nmkn$

Продуктивність ексцентрикової і гідравлічної машини для таблетування  $Q$  (кг/год) визначається по формулі:  $Q=60Gmn$

У наведених формулах використано такі умовні позначення:  $G$  - маса однієї таблетки, кг;  $N$  - кількість матриць в роторі;  $m$  - кількість гнізд в матриці;  $k$  - коефіцієнт кратності таблетування ( $k = 1; 2; 3$  або  $4$ );  $n$  - кількість оборотів ротора, ексцентрикового валу, або число ходів машини за 1 хв;  $P$  - зусилля машини, н;  $p$  - питомий тиск таблетування для вибраного матеріалу, н/м<sup>2</sup>;  $h$  - глибина завантажувальної камери матриці, м;  $\rho$  - щільність таблетованого матеріалу, кг/м<sup>3</sup>.

Сучасні ротаційні машини забезпечують одно-, двох-, трьох- або чотирикратне таблетування, при цьому з кожного гнізда матриці за один оберт ротора отримують відповідну кількість таблеток (1, 2, 3 або 4).

Ротаційні машини мають електромеханічний привід і випускаються у вертикальному виконанні. Вони забезпечують двостороннє стискування матеріалу без витримки або з невеликою витримкою під тиском і безперервне переміщення формованого матеріалу і таблеток. Такі машини зазвичай оснащені механічними (пружинними) компенсаторами тиску.

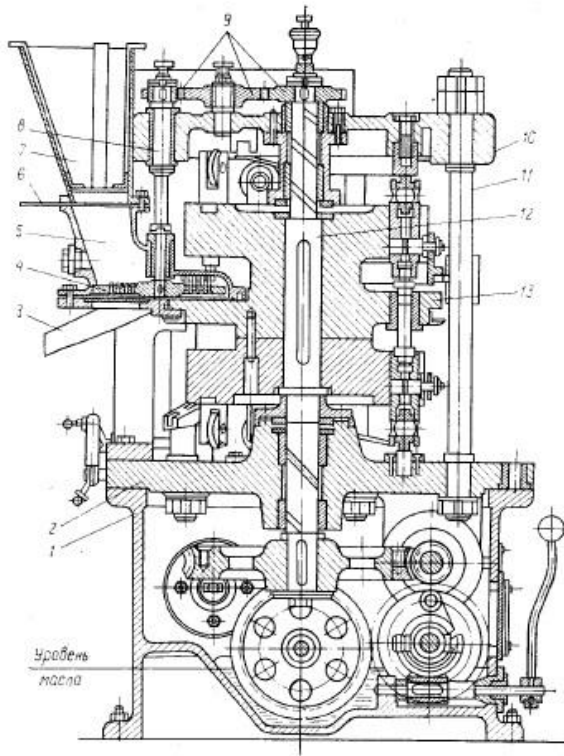
Конструктивні особливості і характер руху пуансонів дозволяють розділити ротаційні машини на два класи. До I класу відносяться машини, у яких рух пуансонів по копірам супроводжується тертям кочення; до II класу - машини, у яких аналогічне переміщення пуансонів супроводжується тертям ковзання.

Принцип роботи:

Ротаційні таблеткові машини призначені для масового виготовлення таблеток з пластичних мас і відрізняються високою штучної продуктивністю. У цих машинах процес таблетування здійснюється одночасно в декількох комплектах прес-інструменту при їх безперервному переміщенні навколо вертикальної осі разом з робочим столом - ротором. У кожному з комплектів прес-інструменту відбувається таблетування за схемою двостороннього пресування. Прес-інструмент складається з матриці і двох пуансонів, причому матриця нерухомо укріплена на роторі, а пуансони переміщаються уздовж осі, паралельної осі обертання ротора, рис. 1.1.

Зворотно-поступальний рух пуансонів, що забезпечує реалізацію різних операцій циклу таблетування (завантаження - пресування - виштовхування - розвантаження), у ротаційних машинах забезпечується за допомогою нерухомих циліндричних копирів (кулачків). За копирів переміщуються (ковзають або котяться) головки плазунів, пов'язані з робочими прес пуансонами.

З метою забезпечення сталості щільності і міцності таблеток таблетмашина оснащена стабілізатором зусилля пресування пружинного типу. Цей пристрій служить для оберігання машини від перевантаження і поломки в результаті попадання в матрицю сторонніх предметів.



*Рис. 1.1. Конструктивна схема ротаційної таблетмашини:*

1 – станина; 2, 10 – нерухомі плити; 3 – перфорований лоток; 4 – взбурювач;  
5 – приймач; 6 – заслінка, 7 – бункер-живильник; 8 – вал; 9 – зубчаста передача;  
11 – колона; 12 – головний вал; 13 – ротор.

### **Завдання на лабораторну роботу**

1. Дослідити конструкцію та принцип роботи ротаційної таблетмашини.
2. Скласти конструктивно-кінематичні схеми ротаційної таблетмашини різноманітного компонування та призначення.
3. На розроблених схемах проставити позиції вузлів та деталей, розшифрувати та описати принцип роботи отриманих конструкцій.

### **Контрольні запитання**

1. Опишіть існуючі види конструкцій машин для ротаційного таблетування.
2. Проаналізуйте особливості роботи ротаційних машин для таблетування.
3. Запропонуйте шляхи вдосконалення даних конструкцій.

### **Рекомендована література**

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991.
2. Г. Шенкель. Шнековые прессы для пластмасс. – ГХИ: 1962. – С. 466.  
Матеріали із мережі інтернет:
1. Сайти пошуку патентів: Укрпатент, ФПС, Google Patent Search, Rupto.

## Лабораторна робота №2

### Дослідження конструкції, кінематики та циклограми кривошипної таблетмашини

**Мета:** дослідити конструкцію та циклограму роботи кривошипної таблетмашини. Розробити конструктивно-кінематичні схеми та описати їх принцип роботи.

#### Хід лабораторної роботи:

1. Організаційна частина
  - 1.1 Перевірка наявності студентів
  - 1.2 Перевірка готовності студентів до лабораторного заняття.
2. Вивчення загальних особливостей конструкцій кривошипних таблетмашин.
  - 2.1 Складання конструктивно-кінематичних схем кривошипної таблетмашини різноманітного компонування та призначення.
  - 2.2 Простановка позицій вузлів та деталей на розроблених схемах та опис принципу їх роботи.
- 3 Формулювання висновків по лабораторній роботі.

#### Загальні теоретичні відомості

Кривошипні машини для таблетування характеризуються періодичним переміщенням формованого матеріалу і таблетки. Для таблетування порошкоподібних пресувальних матеріалів застосовуються вертикальні кривошипні машини з електромеханічним приводом. Машини забезпечують одностороннє стискування матеріалу верхнім пуансоном (чи пуансонами) в одингніздній (чи багатогніздній) матриці без витримки під тиском. Відформовані таблетки виштовхуються нижнім пуансоном (чи пуансонами).

Нині випускаються кривошипні машини із зусиллям таблетування від 20 до 1000 кН. Кривошипна машина для таблетування має литу складену станину, на якій змонтовані усі вузли і деталі машини. Крутий момент передається від електродвигуна на ексцентриковий головний вал через клиноремінну або плоскоремінну передачу, шків і зубчасті шестерні.

На кривошипних і гідравлічних машинах для таблетування пуансони зазвичай жорстко закріплені у вузлах машин (повзуні, штокові гідравлічного плунжера і т.д.). На ротаційних машинах пуансони можуть бути автономними деталями, що не мають жорсткого, нерухомого з'єднання з іншими вузлами і деталями машини.

Продуктивність кривошипної машини таблетки залежить від площі таблетування, глибини заповнення матриці і швидкості обертання ексцентрикового валу, зазвичай рівною 15- 40 об/хв. У свою чергу площа таблетування залежить від максимального зусилля, що розвивається машиною, і питомого тиску таблетування, що є головним чином функцією властивостей таблетованого матеріалу і швидкості таблетування.

Формування заготовок - таблеток певної конфігурації, розмірів і щільності з порошкоподібних, гранульованих або волокнистих пластмас - під дією зусилля стискування називається таблетуванням.

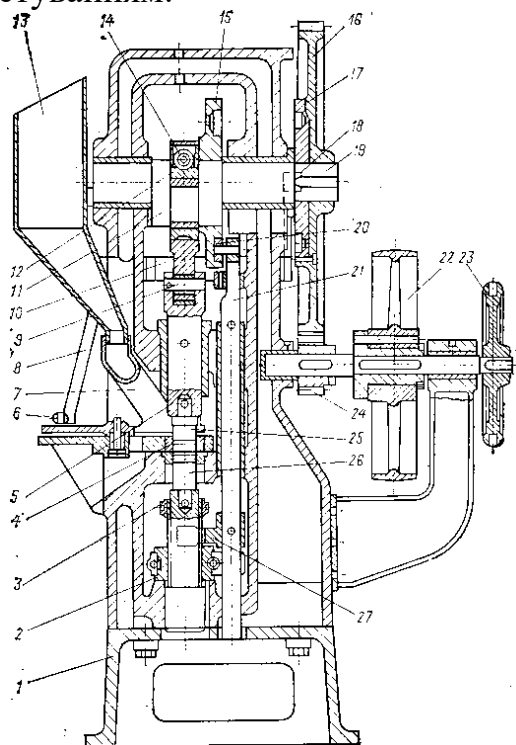


Рис. 2.1. Конструктивна схема кривошипної таблетмашини:

1 - Станина; 2, 3 - гайки; 4 - матриця; 5 - повзун; 6 - сережка; 7 - ківш; 8 - важеля; 9 - вісь; 10 - шатун; 11 - кривошип (ексцентрик); 12 - черв'ячне колесо; 13 - бункер; 14 - черв'як; 15, 17 - кулачки; 16, 24 - зубчасті колеса; 18, 20 - ролики; 19 - головний вал; 21 - штанга; 22 - шків; 23 - маховик; 25, 26 - пуансони; 27 -вилка.

### Циклограма роботи

Механізми кривошипної таблеткової машини, що виконують технологічні операції пресування, виштовхування і дозування, знаходяться у взаємному зв'язку, обумовленої послідовністю операцій технологічного циклу виготовлення таблеток. Для перевірки взаємної узгодженості цих операцій, що забезпечує спільну роботу виконавчих механізмів, і аналізу положення робочих органів відносно один одного в різні моменти часу технологічного циклу використовується циклова діаграма роботи машини (циклограма). Загальна циклограма машини будується шляхом суміщення циклограм окремих виконавчих механізмів. При цьому береться до уваги взаємне розташування провідних ланок цих механізмів на приводному валу; машини.

Стосовно до кривошипної таблеткової машини вертикального типу будемо вважати основним цикловим механізмом, механізм пресування, вихідне положення якого - крайнє верхнє положення повзуна з прес-пуансоном. Два інших виконавчих механізмів почнуть свою роботу після повороту кривошипа на відповідні фазові кути  $\varphi_1$  і  $\varphi_2$ . На циклограмі представлені всі операції технологічного циклу таблетування, виконані послідовно або суміщені за часом в залежності від кута повороту головного (приводного) вала машини.

### **Завдання на лабораторну роботу**

1. Дослідити конструкцію та принцип роботи кривошипної таблетмашини.
2. Скласти конструктивно-кінематичні схеми кривошипної таблетмашини різноманітного компонування та призначення.
3. На розроблених схемах проставити позиції вузлів та деталей, розшифрувати їх та описати принцип роботи отриманих конструкцій.

### **Контрольні запитання**

1. Опишіть існуючі види конструкцій кривошипних машин для таблетування.
2. Проаналізуйте особливості роботи кривошипних машин для таблетування.
3. Запропонуйте шляхи вдосконалення даних конструкцій.

### **Рекомендована література**

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991.
  2. Г. Шенкель. Шнековые прессы для пластмасс. – ГХИ: 1962. – С. 466.
- Матеріали із мережі інтернет:
1. Сайти пошуку патентів: Укрпатент, ФПС, Google Patent Search, Rupto.

Вивчення конструкції та циклограми роботи гідравлічної таблетмашини

**Мета:** дослідити конструкцію та циклограму роботи гідравлічної таблетмашини. Розробити конструктивно-кінематичні схеми та описати їх принцип роботи.

**Хід лабораторної роботи:**

1. Організаційна частина
  - 1.1 Перевірка наявності студентів
  - 1.2 Перевірка готовності студентів до лабораторного заняття.
2. Вивчення загальних особливостей конструкції гідравлічної таблетмашини.
  - 2.1 Складання конструктивно-кінематичних схем гідравлічної таблетмашини різноманітного компонування та призначення.
  - 2.2 Простановка позицій вузлів та деталей на розроблених схемах та опис принципу роботи машини.
- 3 Формулювання висновків по лабораторній роботі.

**Загальні теоретичні відомості**

Останнім часом усе більш широкого поширення набувають гідравлічні (головним чином горизонтальні) машини для таблетування. Продуктивність і зусилля таблетування цих машин значно вищі, ніж у ексцентрикових, а коливання ваги таблеток, що виготовляються, менше, ніж у ротаційних машин. На гідравлічних машинах можна виготовляти циліндричні таблетки діаметром до 230 мм і заввишки до 100 мм. Такі великі таблетки зручні при пресуванні великогабаритних виробів з феноло-, мочевино- і мелаїноформальдегідних матеріалів.

Механічні і гідравлічні машини оснащені одингніздними або багатогніздними матрицями і відповідною кількістю верхніх і нижніх пуансонів (чи рухливих і нерухомих пуансонів на гідравлічних машинах).

Гідравлічні машини відрізняються простотою конструкції і компактністю при великих зусиллях таблетування, новим прогресивнішим способом дозування матеріалу, наявністю гнучкого універсального регулювання режиму таблетування. На таких машинах можна таблетувати високодисперсні матеріали, а також матеріали з волокнистим наповнювачем, таблетування яких на механічних машинах украй ускладнене.

На гідравлічних і механічних кривошипних машинах усі основні операції таблетування - завантаження матеріалу в матрицю, його стискування в таблетку, виштовхування готової таблетки з матриці - проводяться послідовно в одному гнізді матриці, а на ротаційних машинах ці операції виконуються одночасно в декількох гніздах - робочих органах машини.

На відміну від механічних машин для таблетування, гідравлічні машини зазвичай є горизонтальними, внаслідок чого вдається здійснити ефективне завантаження матеріалу в матрицю і обмежитися лише зворотно-поступальним

рухом невеликого числа рухливих деталей машин. При цьому таблетки мають стабільну і рівномірну щільність. На гідравлічних машинах можна отримувати таблетки значної товщини, що вимагають великої глибини заповнення матриці.

Вагова продуктивність гідравлічних машин більша, ніж ексцентрикових машин. Багатопуансонні гідравлічні машини поступаються по продуктивності тільки ротаційним машинам для таблетування для багатократного таблетування. Якість таблеток, що отримуються на гідравлічних машинах, вище (по стабільності ваги і щільності), ніж у ексцентрикових і, особливо, ротаційних машин, що пояснюється точнішим дозуванням матеріалу і можливістю регулювання параметрів таблетування (швидкості стискування, витримки під тиском і т.д.).

Основою гідравлічних машин для таблетування є герметично закритий масляний бак, на бічній стінці якого встановлений електродвигун з шестерінчастим (чи лопастним) масляним насосом. На передній стінці бака встановлений манометр, ручки управління і сигнальні лампи. Головний гідравлічний циліндр призначений для приводу рухливого пуансона. Привід матриці і бункерного живильника здійснюється за допомогою двох діагонально розташованих гідравлічних циліндрів.

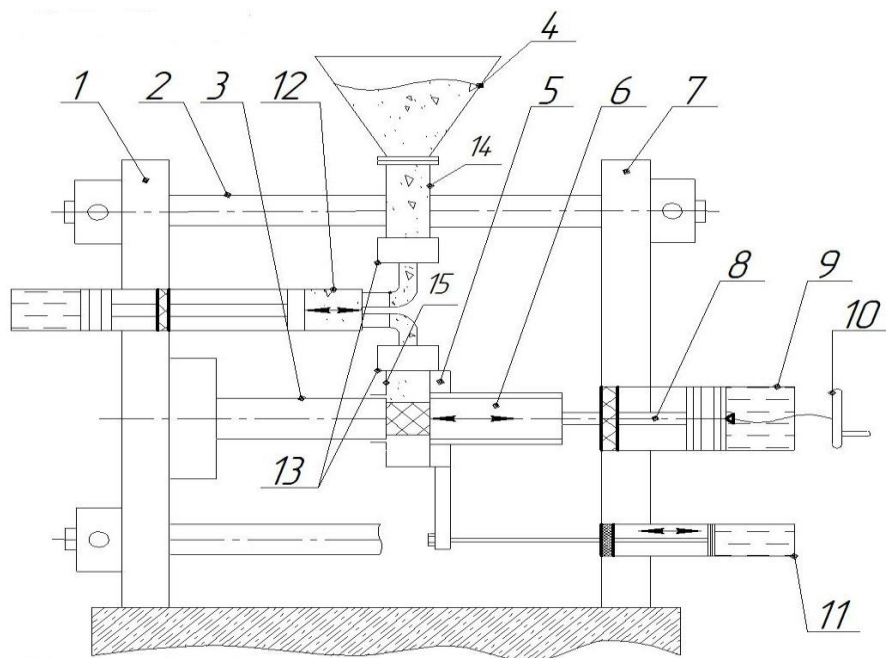
У масляному баку встановлений гідравлічний мультиплікатор, що підвищує тиск масла, що нагнітається насосом, від 1,4 до 28 Мн/м<sup>2</sup>. Завдяки застосуванню мультиплікатора зменшені розміри машини і використаний тільки один насос низького тиску, який має високі експлуатаційні якості.

Таблетований матеріал завантажують в бункер. Звідси він поступає в живильник і матрицю. Дозування матеріалу здійснюють за допомогою гвинтового регулювальника. Рухливі деталі машини закриті захисними ґратами. Машини економічні по витраті електроенергії. Це пояснюється високим к.к.д. гідравлічного приводу і поєднанням операцій за часом. Управління машиною повністю автоматизоване за допомогою пневмокерованих гідравлічних клапанів.

На гідравлічній машині таблетки передбачено гнучке і ефективно регулювання зусилля таблетування, ваги таблеток, швидкості завантаження матеріалу в матрицю, стискування матеріалу в таблетку і витримки таблеток під тиском.

Машина дозволяє піддавати таблетку повторному формуванню після зняття первинного навантаження. За рахунок зменшення швидкості стискування матеріалу питомий тиск таблетування може бути значно нижче, ніж на ексцентрикових і, особливо, на ротаційних машинах для таблетування. Таблетки, отримані на гідравлічних машинах, мають стабільну вагу (коливання ваги таблеток для високодисперсних матеріалів - амінопластів - не перевищує 2%, а при таблетуванні порошкоподібного фенопласту - ще менше).

Горизонтальні гідравлічні машини доцільно застосовувати в усіх спеціалізованих виробництвах по переробці пластмас і в першу чергу - для виготовлення великих таблеток з високодисперсних матеріалів і матеріалів з волокнистим наповнювачем.



*Рис. 3.1. Конструктивна схема гідравлічної таблетмашини:*

*1, 7 – нерухомі плити; 2 – колона; 3, 6 – пресуючі пуансони; 4 – бункер-живильник; рухома матриця; 8 – плунжер; 9 – циліндр; 10 – гвинтовий механізм; 11 – допоміжний циліндр; 12 – дозатор; 13 – клапани; 14 – підвідний трубопровід; 15 – відвідний трубопровід.*

**Загальні висновки по процесу таблетування:** Таблетування є попередньою операцією перед пресуванням. Воно дозволяє точніше дозувати матеріал, а також відносно повно видаляти з нього повітря (і, як наслідок, підвищує теплопровідність матеріалу). Застосування таблеток спрощує процес підігрівання пластмас в генераторах струмів високої частоти і контактних нагрівачах. При використанні таблетованого матеріалу зменшується завантажувальна камера пресформи, підвищується швидкість її замикання і знижуються втрати матеріалу.

Якість таблеток характеризується міцністю і щільністю і залежить, в першу чергу, від таблетованості матеріалу, тобто від його здатності спресовуватися в компакту таблетку (зазвичай циліндричної форми) під дією зусилля стискання. Таблетованість порошкоподібних пресматеріалів залежить від їх хімічного і гранулометричного складу, вологості і температури матеріалу, наявності змащуючих присадок, величини і швидкості прикладання зусилля таблетування (стискування), витримки таблеток під тиском, а також умов таблетування (одностороннього або двостороннього стискування). Розглянемо коротко вплив перерахованих чинників.

Експериментально встановлено, що із збільшенням швидкості стискування матеріалу його таблетованість погіршується. При зростанні швидкості стискування в 2-2,5 разу для отримання таблеток ідентичної міцності вимагається підвищення питомого тиску таблетування на 25-30%. Це пояснюється тим, що при малих швидкостях стискування (деформації) енергія стискування устигає повністю або великою мірою розподілитися в матеріалі. При збільшеній



швидкості стискування опір матеріалу зростає із збільшенням швидкості деформації.

Значення питомих тисків таблетування деяких порошкоподібних пресматеріалів для різних типів машин залежно від їх швидкохідності приведені в таблиці.

Питомі тиски таблетування ( $\text{Мн/м}^2$ ) для різних типів машин для таблетування.

(в дужках параметри швидкохідності машин)

Матеріал	Тип машини		
	Ротаційна (60 – 600 циклів/хв)	Ексцентрикова (15–40 циклів/хв)	Гідравлічна (4,5–35 циклів/хв)
<b>Фенопласти</b>	79 – 98	59 – 79	39 – 59
<b>Амінопласти</b>	118 – 176	79 – 118	69 – 88

Міцність і щільність таблеток з преспорошків істотно залежить від тиску таблетування.

Розміри зерен пресматеріалу безпосередньо впливають на міцність таблеток, знижуючи її при своєму збільшенні. Для досягнення оптимальної міцності таблетки з преспорошку з розмірами зерен до 0,25 мм вимагається тиск близько  $80 \text{ Мн/м}^2$ , а з розмірами зерен  $> 1 \text{ мм}$  - близько  $160 \text{ Мн/м}^2$ . Це пояснюється, ймовірно, тим, що дрібнозернисті матеріали мають велику питому поверхню. При таблетуванні крупнозернистих матеріалів для отримання міцних таблеток треба спочатку зруйнувати початкові зерна.

Витримка під тиском впливає на щільність і міцність таблеток протилежно швидкості стискування.

На початковій стадії стискування матеріалу доцільно прискорене опускання пуансона або переміщення пуансонів і назустріч один одному. На кінцевій стадії стискування переміщення незначні, але долаються великі сили опору.

При стискуванні матеріалу виникає тертя його об поверхню матриці. Воно може досягти дуже великої величини, внаслідок чого знизиться тиск таблетування по висоті формованої таблетки, а це у свою чергу приведе до неоднорідності міцності і щільності по висоті і діаметру таблетки.

При односторонньому стискуванні таблетка формується тільки одним пуансоном (другий пуансон нерухомий). У разі двостороннього стискування одночасно переміщаються обидва пуансони. Двостороннє стискування забезпечує підвищення міцності таблетки на 15-25% в порівнянні з одностороннім стискуванням (при однаковому тиску і швидкості стискування).

Оскільки при двосторонньому стискуванні верхній і нижній пуансони зазвичай рухаються з однаковою швидкістю, величини  $P_v = P_n$  і тиски таблетування на верхньому і нижньому торцях формованої таблетки однакові. Ефект двостороннього стискування може бути отриманий при використанні "плаваючої" (тобто рухливої в осьовому напрямі) матриці, яка зазвичай застосовується на горизонтальних гідравлічних машинах.

Із збільшенням вологості преспорошку таблетованість його покращується, наприклад, якщо вологість амінопласту зросте на 1-1,5%, таблетованість збільшиться на 35-50%.

При підвищенні температури матеріалу його таблетованість також покращується. Проте спроби поліпшити таблетованість матеріалу електричним обігрівом матриць на машині таблетування не дали позитивного ефекту із-за низьких значень коефіцієнтів теплопередачі і теплопровідності матеріалу, і короткочасного перебування його в матриці. Щільність таблеток повинна забезпечувати їх цілісність при транспортуванні, перевантаженні і зберіганні. При формуванні таблеток зайвої щільності машина таблетки швидко зношується, а ефективність високочастотного підігрівання знижується.

### **Завдання на лабораторну роботу**

1. Дослідити конструкцію та принцип роботи гідравлічної таблетмашини.
2. Скласти конструктивно-кінематичні схеми гідравлічної таблетмашини різноманітного компонування та призначення.
3. На розроблених схемах проставити позиції вузлів та деталей, розшифрувати та описати принцип роботи отриманих конструкцій.

### **Контрольні запитання**

1. Опишіть існуючі види конструкцій гідравлічних машин для таблетування.
2. Проаналізуйте особливості роботи гідравлічних машин для таблетування.
3. Запропонуйте шляхи вдосконалення даних конструкцій.

### **Рекомендована література**

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991.
2. Г. Шенкель. Шнековые прессы для пластмасс. – ГХИ: 1962. – С. 466.  
Матеріали із мережі інтернет:
  1. Сайти пошуку патентів: Укрпатент, ФПС, Google Patent Search, Rupto.

## Лабораторна робота №4

### Вивчення конструкції та циклограми роботи машини для лиття полімерних матеріалів під тиском

**Мета:** вивчити особливості конструкції машин для лиття під тиском різного призначення, розробити конструктивно-кінематичні схеми та описати їх принцип роботи.

#### Хід лабораторної роботи:

1. Організаційна частина
  - 1.1 Перевірка наявності студентів
  - 1.2 Перевірка готовності студентів до лабораторного заняття.
2. Вивчення загальних особливостей конструкції машини для лиття полімерних матеріалів під тиском
  - 2.1 Складання конструктивно-кінематичних та гідравлічних схем машин для лиття під тиском різноманітного компонування та призначення.
  - 2.2 Простановка позицій вузлів та деталей на розроблених схемах та опис їх роботи.
3. Формулювання висновків по лабораторній роботі.

#### Загальні теоретичні відомості

Лиття під тиском – один з найбільш поширених методів переробки пластмас, що складається в заповненні оформляє порожнини форми через литниковий канал розплавом полімерного матеріалу з наступним його ущільненням і фіксацією форми за рахунок охолодження або протікання хімічної реакції затвердіння (вулканізації). Цим методом переробляються практично всі термопластичні матеріали, термореактивні матеріали (прес-порошки та гранулятори) і більшість марок гумових сумішей. Лиття під тиском дозволяє отримувати вироби складної форми з арматурою, з елементами точних розмірів, з мінімальним облоєм.

Литтєвий цикл виготовлення виробів (особливо товстостінних) коротше циклу пресування. Процес лиття під тиском легко автоматизується, що дозволяє істотно підвищити ефективність виробництва.

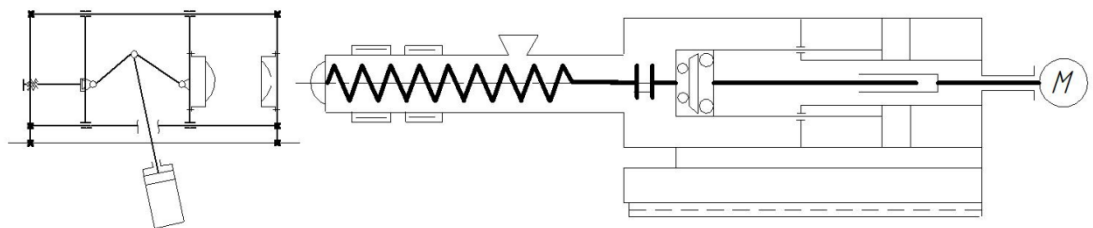


Рис. 4.1. Технологічна схема лиття під тиском

Всі технологічні схеми методу лиття під тиском включають в себе наступні операції: переклад матеріалу у в'язкотекучий стан допомогою нагрівання, деформування матеріалу з метою додання йому потрібної конфігурації і витримка

відформованого виробу при зниженій (для термопластів) або підвищеною (для реактопластів та гумових сумішей) температурі протягом часу, достатнього для додання виробу формостійкості. В даний час у промислових масштабах набули поширення декілька технологічних схем лиття під тиском. Розходження цих схем полягає в способі і ступеня нагріву матеріалу, способах введення його в форму і подальшого формування.

Цикл виготовлення виробу цим методом полягає в наступному: При русі матеріалу за допомогою черв'яка вперед матеріал ущільнюється, потім черв'як зупиняється, продовжуючи чинити тиск на (матеріал; відбувається нагрів матеріалу за рахунок теплопередачі від стінок нагрівається обігрівачем циліндра. Матеріал переходить у в'язкотекучий стан і під тиском (до 80–140 МПа) знову переміщається черв'яком, розплав з камери матеріального циліндра через ливник видавлюється в порожнину форми, складається з напівформ. Після остаточного заповнення порожнини форми невелика частина матеріалу (3–7% від маси порції) залишається в камері. Цю операцію називають уприскуванням "або заповненням форми.

Наступна операція – витримка під тиском, протягом якої черв'як продовжує надавати на розплав в камері тиск, що передається в оформлюючу порожнину. Ця операція проводиться з метою запобігання зворотного перетікання розплаву з форми в циліндр через незатверділий литник. Протягом цього часу розплав продовжує інтенсивно нагріватися від теплоносія, що підводиться через канали 4 (у разі переробки реактопластів і гум) або охолоджуватися (при переробці термопластів).

Після закінчення часу витримки під тиском, після того як матеріал в значній мірі втратив властивість текучості, починається наступна операція – витримка на отвердіння (охолодження). При цьому черв'як вже не надає тиск на матеріал в порожнині форми, так як полімер в литнику затвердів. Після додання виробу формостійкості в результаті охолодження або протікання реакції затвердіння (вулканізації) починається операція витягання виробів із форми.

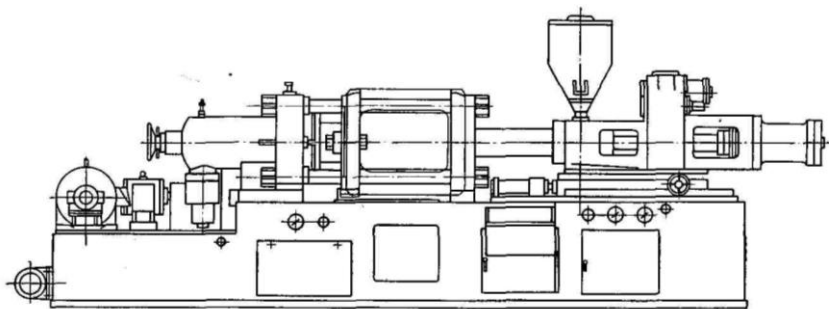
Порядок машинних дій при виконанні операції витягання виробу істотно залежить від варіанту конструктивного оформлення процесу. В кінці ходу черв'яка залишок матеріалу знімається з паза, виконаного в поршні, та видаляється через вікно в циліндрі за допомогою механізму скидання. Після цього (або одночасно з цим) форма розкривається, з оформлюючої порожнини виштовхується готовий виріб.

Подібним же чином переробляються литтям під тиском гумові суміші. На відміну від термопластів і реактопластів, що подаються у вигляді порошків і гранул, гумова суміш надходить у завантажувальний отвір у вигляді монолітних заготовок необхідної маси.

### Робота ливарних машин

Спочатку метод лиття під тиском був освоєний промисловістю на обладнанні, що застосовувався для пресування. Потім з'явився новий вид устаткування: одно-і багатопозиційні ливарні машини, мають істотні конструктивні відмінності від пресів. Однак первісна технологічна схема методу не зазнала принципових змін до теперішнього часу.

Процес переробки здійснюється на серійно випускаються промисловістю ливарних машинах, що складаються з двох частин: механізму пластикації – уприскування і механізму замикавання форми. Перша з цих частин служить для дозування матеріалу, його пластикації і уприскування розплаву в форму. Друга частина призначена для кріплення литтєвої форми, її переміщення та утримання в зімкнутому стані.



*Рис. 4.2. Загальний вигляд литтєвої машини для лиття під тиском*

Ливарні машини у відповідності з конструкцією механізму пластикації підрозділяються на машини з поршневою і черв'ячною пластикацією.

Механізм пластикації - уприскування цієї машини складається з гідроциліндра з черв'яком, черв'яка, пластикаційного циліндра і пристрою дозування (бункера з дозатором). Всі перераховані деталі встановлені на корпусі. Механізм замикавання форми включає в себе дві плити (рухому і нерухому) і гідроциліндр з поршнем. Рухома плита може переміщатися по колонах, жорстко зв'язує нерухому плиту і гідроциліндр.

Необхідним інструментом для здійснення процесу лиття є ливарна форма, конструкція і розміри якої визначаються виготовляти вироби. Зазвичай форма складається з двох напівформ (див. рис. 4.1) і охолоджується циркулюючим теплоносієм або нагрівається електронагрівальними елементами, розташованими в обох напівформах. В одній із напівформ є конусний отвір – центральний ливниковий канал (литник).

Цикл роботи литтєвої машини з черв'ячною пластикацією складається з послідовності ряду машинних операцій. Перша – змикання напівформ, укріплених на плитах за допомогою гідроциліндра і поршня. Далі дозатор подає матеріал, що переробляється з бункера в завантажувальний отвір. Після цього в результаті подачі гідравлічної рідини в праву (робочу) порожнину гідроциліндра поршень переміщається вліво, внаслідок чого матеріал проштовхується в пластикаційний (нагрівальний) циліндр. Продовжуючи рухатися, черв'як переміщує перероблювальний матеріал через нагрівальний простір між стінками циліндра і торпеди-розсікача. Рух черв'яка закінчується по завершенні процесу заповнення форми, тобто після проходження розплаву полімеру з циліндра через центральний литник і досягнення нею кінцевих ділянок порожнини литтєвої форми. Після деякої витримки під тиском черв'як відходить у вихідне положення внаслідок подачі робочої рідини в ліву (поворотну) порожнину гідроциліндра. Після витримки на отвердіння машинний цикл закінчується розмиканням напівформ при переміщенні вліво поршня гідроциліндра.

Ливарні машини сучасних конструкцій здатні здійснювати операцію пластикації на будь-якій ділянці тимчасового інтервалу, причому в окремих конструкціях виявляється можливим починати пластикації таким чином, щоб її кінець збігався за часом з початком впрыскування в форму в наступному циклі. Така організація машинного циклу дозволяє звести до мінімуму час перебування дози розплаву в циліндрі перед уприскуванням.

Конструкція деяких машин передбачає під час проведення операції уприскування розплаву тимчасове (на 0,5-2 с) припинення осьового переміщення черв'яка з одночасним частковим розкриттям (на 1,5-3 мм) напівформ. Ці зміни в циклограмі роботи машини необхідні для видалення розчинених у матеріалі летких і газоподібних продуктів – реакції затвердіння (вулканізації) при литті під тиском реактопластів (гумових сумішей). Ця операція називається підпресуванням. На ливарних машинах для переробки термопластів (термопластавтоматах), для переробки реактопластів (реактопластавтомати) і для лиття гумових сумішей можуть бути реалізовані різні режими формувань. До різновидів технології лиття під тиском відносяться режими інтрузійного формування, литтєвого пресування, формування зі скиданням тиску і віброформування.

Основні відмінності інтрузійного формувань від лиття під тиском полягають в тому, що операції пластикації, і уприскування (заповнення форми) в даному випадку суміщені, а основна частка обсягу оформляє порожнини заповнюється розплавом за допомогою обертового й нерухомого в осьовому напрямку черв'яка. Перевага інтрузійного формувань: перед литтям під тиском полягає в можливості формування виробів з масою, у багато разів перевищує максимально можливу масу дози, яку здатний накопичити черв'як в пластикаційному циліндрі.

По досягненні певного тиску перед черв'яком і відповідного йому заданого тиску в гідроциліндрі механізму уприскування останнім, надалі залишається постійним, а черв'як, продовжуючи обертатися, переміщається назад в осьовому напрямку на задану відстань. По досягненні заданої позиції, черв'як, припинивши обертання, впорскує підготовлену дозу в форму, завершуючи її заповнення. Далі слідує операції витримки під тиском, відведення вузла інжекції, витримки на отвердіння і розмикання форми.

Литтєве пресування (або трансферне формування) призначається для виготовлення деталей складної конфігурації з високов'язких полімерних матеріалів з низькою термостабільністю. Цей метод був вже описаний раніше як різновид методу прямого (компресійного) пресування на гідравлічних пресах. У сучасному варіанті литтєвого пресування збережені його основні принципи, однак при поєднанні двох технологічних процесів: лиття під тиском і пресування. Особливість даної модифікації методу полягає в тому, що на період заповнення литтям під тиском оформлююча порожнина литтєвої форми знаходиться в неповністю зімкнутому стані. Таким чином, спочатку в прочинених формі формується заготівля, близька по конфігурації і розмірам до виробу. Наступна операція - пресування здійснюється при змиканні форми пресової частиною литтєвої машини. При цьому виріб остаточно формується і далі отверджується.

Циклограма литтєвого пресування майже аналогічна циклограмі лиття під тиском. Відмінність полягає в проведенні змикання форми не по ділянці, а по лінії, що забезпечує уприскування розплаву в неповністю зімкнуту форму та пресування виробу при подальшому змиканні форми.

### **Завдання на лабораторну роботу**

1. Дослідити конструкцію та принцип роботи машини для лиття під тиском.
2. Скласти конструктивно-кінематичні (гідравлічні) схеми машини для лиття під тиском різноманітного компонування, зокрема, поршневою і черв'ячною пластикацією.
3. В обох випадках розробити різноманітні варіанти інжекційних механізмів.
4. На розроблених схемах проставити позиції вузлів та деталей, розшифрувати їх та описати принцип роботи машини.

### **Контрольні запитання**

1. Опишіть існуючі види конструкцій машин для лиття під тиском.
2. Проаналізуйте особливості роботи машин для лиття під тиском.
3. Запропонуйте шляхи вдосконалення даних конструкцій.

### **Рекомендована література**

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991.
2. Г. Шенкель. Шнековые прессы для пластмасс. – ГХИ: 1962. – С. 466.  
Матеріали із мережі інтернет:
  1. Сайти пошуку патентів: Укрпатент, ФПС, Google Patent Search, Rupto

Вивчення конструкцій сопел та зворотних клапанів машин для лиття під тиском

**Мета:** вивчити особливості конструкцій сопел та зворотних клапанів литтєвих машин, розробити їх схеми та описати принцип роботи.

**Хід лабораторної роботи:**

1. Організаційна частина
  - 1.1 Перевірка наявності студентів
  - 1.2 Перевірка готовності студентів до лабораторного заняття.
2. Вивчення загальних особливостей конструкції та роботи сопел і зворотних клапанів машини для лиття під тиском.
  - 2.1 Ескізування сопел і зворотних клапанів ЛМ різноманітних компоновок.
  - 2.2 Простановка позицій вузлів та деталей на розроблених схемах, опис їх роботи.
- 3 Формулювання висновків по лабораторній роботі.

**Загальні теоретичні відомості**

В залежності від властивостей перероблювального матеріалу на інжекційних циліндрах встановлюють різноманітні сопла. Відкрите сопло, рис. 5.1., а, застосовують для інжекції здатних до деструкції в'язких матеріалів, наприклад полівінілхлориду. Часто використовують сопло, яке відкривається при його упорі в литникову втулку форми, рис. 5.1., б.

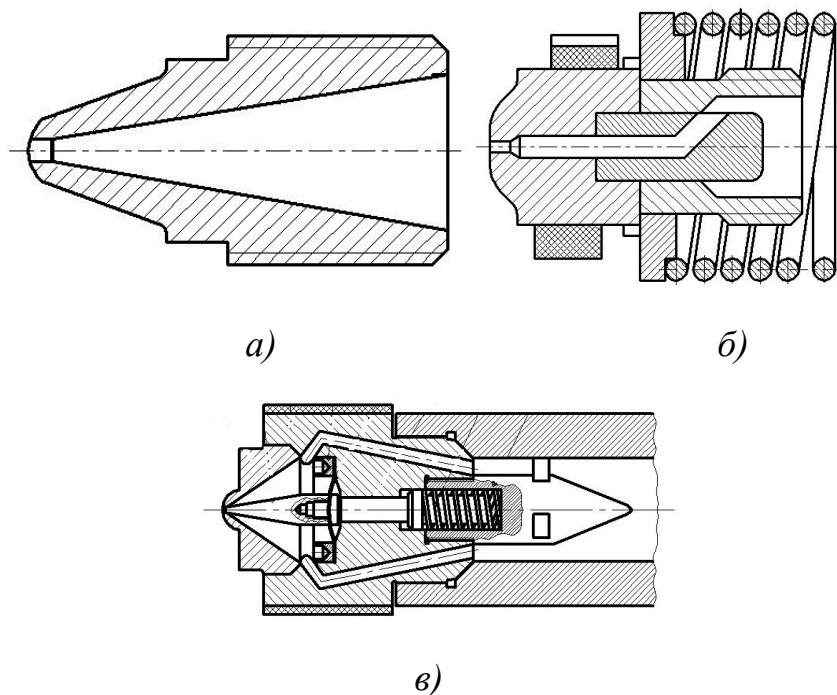


Рис. 5.1. Інжекційні сопла литтєвої машини:



*a* – відкрите (для в'язких матеріалів); *б* – сопло, яке відкривається при упорі на ливникову втулку форми; *в* – сопло, яке відкривається під тиском матеріалу

Великий інтерес при литті тонкостінних виробів попередньо стисненим розплавом представляє конструкція сопла, що відкривається під тиском пластикованого матеріалу, рис. 5.1, *в*. У цьому соплі пружина відрегульована на заданий інжекційний тиск. У деяких випадках застосовують закривання сопла з гідравлічним приводом. Датчик приладу для вимірювання тиску пластикованого матеріалу, розташований в головці інжекційного циліндра, подає команду на електрокерований гідравлічний клапан. Клапан розподіляє масло в порожнині гідравлічного циліндра, під дією якого переміщається замикаючий кран сопла. Датчик скидає тільки у випадку, якщо тиск матеріалу досягає необхідної величини.

Самозакриваюче сопло, рис. 5.2., працює наступним чином. При русі інжекційного поршня або черв'яка в переднє положення розплавлений матеріал по лещатах переміщує головку сопла з втулкою 2 вліво до зіткнення з литниковою формувальною втулкою. При цьому залишається на місці голчастий клапан 4 відкриває канал *a*, а пружина 3 стискається. Коли поршень або черв'як літцевої машини переміщуються у зворотньому напрямку, втулка 2 разом з головкою повертається у вихідне положення під лещатами пружини 3, а клапан 4 перекриває канал *a*. Для запобігання від шкідливого впливу нагріву пружину можна встановити пружину поза корпусом сопла, рис. 5.3. З цією метою пружину охолоджують проточною водою, що надходить в штуцер 6. Корпус 5 сопла угвинчується в циліндр литцевої машини. Розплавлений матеріал надходить через канали в головку 4 сопла. Під тиском матеріалу на конус голчастого клапана 3 він переміщається вправо, відкриваючи випускний канал *б*. При переміщенні голки важіль 2 проворачується навколо осі і стискає пружину 7. Пластикований матеріал впорскується під заданим тиском через канал *б* в форму.

Після заповнення форми тиск в соплі знижується, і під дією пружини важіль переміщує клапан у вихідне положення, закриваючи канал *б*. У циліндричній частині клапан 3 ущільнюється завдяки проникненню розплавленого матеріалу під тиском з каналу *б* через центральний отвір в клапані. Матеріал потрапляє в циліндричні виточки в клапана і ущільнює кільцевий зазор між клапаном і центральним каналом корпусу сопла аналогічно поршневым кільцям.

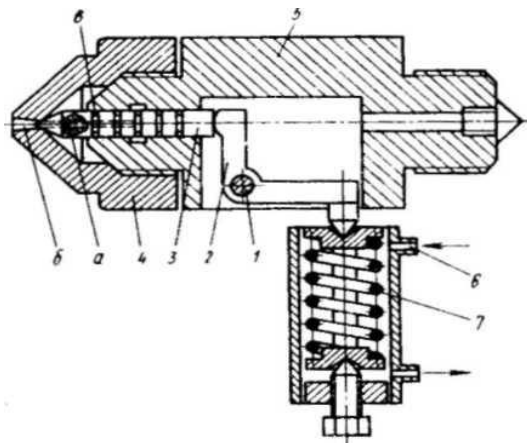


Рис. 5.2. Самовідкриваюче інжекційне сопло

При використанні черв'яка в якості поршня для впорскування розплаву в більшості випадків застосовують спеціальні клапанні пристрої, що запобігають зворотні потоки розплаву уздовж витків черв'яка і втрати тиску при впорскуванні. Конструкції різних клапанних пристроїв представлені на рис. 5.3.

Добре зарекомендував себе при роботі з низьков'язкими розплавами термопластів зворотний клапан, який показаний на рис. 5.3 *а*. Матеріал, проходячи по черв'яку 3 при його обертанні, віджимає клапан 2 вліво і проходить в соплову частину через свердління в наконечнику. При впорскуванні клапан 2 переміщується вправо і перекриває простір каналу нарізки черв'яка для зворотного потоку розплаву.

Клапанний пристрій кулькового типу, рис.5.3 *б*, складається з кульки, яка виконує роль зворотного клапана. У момент упорскування кулька притискається до сидла 2 і запобігає зворотному потоку. У деяких випадках для переробки матеріалів середньої в'язкості можуть застосовуватися спеціальні наконечники, рис. 5.3 *в* , зі зменшеним в 2 рази кроком нарізки. Такий пристрій запобігає зворотний потік через значний гідравлічний опір, що чиниться каналом наконечника черв'яка з малим кроком руху розплаву. В машинах для переробки високов'язких та матеріалів, які затверджуються при нагріванні, клапанні пристрої не застосовуються так, як вони ускладнюють очищення каналу нарізки черв'яка та соплової частини від залишків матеріалу.

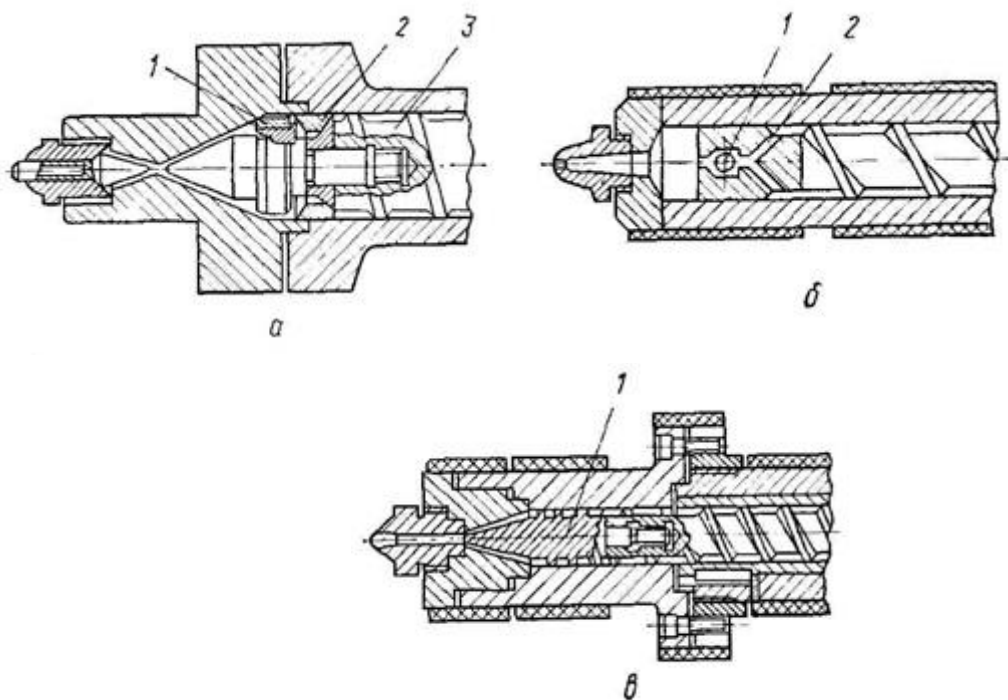


Рис. 5.3 Конструкції клапанних пристроїв:

а) 1 – накінецьник; 2 – клапан; 3 – черв'як;

б) 1 – кулька; 2 – сидло;

в) 1 – спеціальний накінецьник.

### **Завдання на лабораторну роботу**

1. Дослідити конструкції сопел та зворотних клапанів литтєвої машини різноманітного компонування та призначення.
2. Розробити конструктивно-кінематичні схеми сопел та зворотних клапанів різноманітних конструкцій та призначень, описати їх принцип роботи.
3. На розроблених схемах проставити позиції вузлів та деталей, розшифрувати позиції.

### **Контрольні запитання**

1. Опишіть існуючі види конструкцій сопел і зворотних клапанів литтєвих машин.
2. Проаналізуйте особливості роботи сопла та зворотного клапана литтєвої машини.
3. Запропонуйте шляхи вдосконалення даних конструкцій.

### **Основна література**

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991.
  2. В.І. Сівецький, Д.Е. Сідоров, О.Л. Сокольський, Г.О. Насонкін, В.Ю. Щербина, С.О. Пристайлов Конструювання машин для переробки полімерів та композицій на їх основі – Київ «Політехніка» 2003р.
  3. Г. Шенкель. Шнековые прессы для пластмасс. – ГХИ: 1962. – С. 466.
- Матеріали із мережі інтернет:
1. Сайти пошуку патентів: Укрпатент, ФПС, Google Patent Search, Rupto.

Дослідження конструктивних і енергосилових параметрів вальців

**Мета:** вивчення основних конструктивних і кінематичних параметрів вальців; експериментальне й теоретичне дослідження розпірних зусиль і потужності, які розвиваються в процесі вальцювання.

Хід лабораторної роботи:

1. Організаційна частина
  - 1.1 Перевірка наявності студентів
  - 1.2 Перевірка готовності студентів до лабораторного заняття.
2. Вивчення загальних особливостей конструкції та роботи вальців.
  - 2.1 Складання конструктивно-кінематичних схем вальців та їх приводу різноманітного компонування та призначення.
  - 2.2 Простановка позицій вузлів та деталей на розроблених схемах та опис роботи машини.
- 3 Формулювання висновків по лабораторній роботі.

Основні теоретичні положення

Вальці широко використовуються в гумовій промисловості для здійснення процесу переміщення. Важливим моментом у розрахунках вальців є визначення розпірних зусиль, крутних моментів і потужності процесу вальцювання. Теоретичні методи визначення розпірних зусиль ґрунтуються на гідродинамічній теорії вальцювання, а також на теоріях пружної та пластичної деформацій і визначаються типом матеріалу, що перероблюється.

Розв'язання цієї задачі з точки зору гідродинамічної теорії ґрунтується на розгляді в'язкої течії полімеру, який є неньютонівською рідиною. Вихідними рівняннями гідродинамічної теорії є приблизні рівняння Нав'є–Стокса, розв'язання яких дає формулу, для визначення питомих розпірних зусиль:

$$p = \frac{P_{\text{розп.}}}{L} = \frac{1+f}{2} * 2.22 \frac{\mu_{\text{эф}} \vartheta_1 R}{h}$$

де  $\vartheta_1$  - колова швидкість валка, м/с;  $f = \vartheta_1 / \vartheta_2$  - фрикція;  $R$  - радіус валка, м;  
 $h$  - зазор між валками, м;  $\mu_{\text{эф}}$  - ефективна в'язкість рідини, Н\*с/м<sup>2</sup>.

Розпірне зусилля

$$P_{\text{розп.}} = pL$$

де  $L$  - довжина робочої бочки валка, м.

Згідно теорії пластичності:

$$P_{\text{розп}} = 1,15 \sigma_T h_{\text{н.ш.}} bl \frac{\left(\frac{h_{\text{нш}}}{h_k}\right)^{\mu \cot \frac{\alpha}{2}} - 1}{\Delta h \left(\mu \cot \frac{\alpha}{2} - 1\right)}$$

$\sigma_T$  - гранична текучість вальцюваного матеріалу, Н/м<sup>2</sup>,

$h_{\text{нш}} \approx \sqrt{h_{\text{п}} h_{\text{к}}}$  - товщина нейтрального шару м;  $h_{\text{п}}$ ,  $h_{\text{к}}$  - початкова й кінцева товщини матеріалу,  $\mu$  - коефіцієнт тертя матеріалу по поверхні валка;  $\alpha$  - кут захвату, який визначається з умови  $\text{tg} \alpha \leq \mu$ ;  $\Delta h = 2R(1 - \cos \alpha)$  - лінійне обтискання матеріалу;  $l = \sqrt{R \Delta h}$  - дуга обхвату, м;

$b$  - ширина зони вальцювання, м.

За теорією пружної деформації матеріалу розпірна сила

$$P_{\text{розп.}} = \frac{4ER^2 b \sin \alpha (1 - \cos \alpha)}{h_p}$$

де  $E$  - модуль пружності перероблюваного матеріалу, Н/м<sup>2</sup>.

Момент опору кручення складається із двох складових частин

$$M_p = M_p + M_{mp}$$

де  $M_p$  - момент для переборення опору деформацій матеріалу, який залежить від розпірного зусилля, Н\*м:

$$M_p = 2P_{\text{розп.}} * R \sin \alpha / 2$$

$M_{\text{тр}}$  - момент сил тертя в підшипниках, Н\*м;

$$M_{\text{тр}} = \mu (P_{\text{розп.}} + G) d$$

де  $\mu$  - коефіцієнт тертя в підшипниках;  $G$  - вага валка, Н;  $d$  - діаметр цапфи, м.

Потужність, яка витрачається на вальцювання

$$N = Mn / 30$$

де  $n$  - частота обертання валків, об./хв.

де  $E$  - модуль пружності перероблюваного матеріалу, Н/м<sup>2</sup>.

Момент опору кручення складається із двох складових частин

$$M_p = M_p + M_{mp}$$

де  $M_p$  - момент для переборення опору деформацій матеріалу, який залежить від розпірного зусилля, Н\*м:

$$M_p = 2P_{\text{розп.}} * R \sin \alpha / 2$$

$M_{\text{тр}}$  - момент сил тертя в підшипниках, Н\*м;

$$M_{\text{тр}} = \mu (P_{\text{розп.}} + G) d$$

де  $\mu$  - коефіцієнт тертя в підшипниках;  $G$  - вага валка, Н;  $d$  - діаметр цапфи, м.

Потужність, яка витрачається на вальцювання

$$N = Mn / 30$$

де  $n$  - частота обертання валків, об./хв.



14 – підшипники ковзання.

1. Дослідити конструкцію вальців та принцип їх роботи.
2. Розробити загальний вигляд (ескіз) вальців, які будуть використовуватись на лабораторній роботі.
3. На основі загального вигляду скласти кінематичну схему вальців.
4. На розробленій схемі проставити позиції вузлів та деталей, розшифрувати їх.
5. Описати принцип роботи отриманої схеми.

1. Опишіть існуючі види конструкцій вальців.
2. Проаналізуйте особливості роботи вальців.
3. Запропонуйте шляхи вдосконалення даних конструкцій.

### **Рекомендована література**

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартвич В.А. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991.

2. Г. Шенкель. Шнековые прессы для пластмасс. – ГХИ: 1962. – С. 466.

Матеріали із мережі інтернет:

1. Сайти пошуку патентів: Укрпатент, ФПС, Google Patent Search, Rupto.

## Лабораторна робота №7

### Вивчення конструкції та кінематики каландра

**Мета:** вивчення конструкції каландра та його вузлів і набуття досвіду в складанні кінематичних схем.

#### Хід лабораторної роботи:

1. Організаційна частина
  - 1.1 Перевірка наявності студентів
  - 1.2 Перевірка готовності студентів до лабораторного заняття.
2. Вивчення загальних особливостей конструкції та роботи каландра.
  - 2.1 Складання конструктивно-кінематичних схем каландрів різноманітного компонування та призначення, їх приводу та механізмів перехрещення та регулювання зазору валків.
  - 2.2 Про становака позицій вузлів та деталей на розроблених схемах та опис їх роботи.
- 3 Формулювання висновків по лабораторній роботі.

#### Основні теоретичні положення

Каландри застосовують у різних галузях технології вже з більш 100 років. У металургійній промисловості — це прокатні стани; в текстильній промисловості, паперовій і промисловості переробки пластмас — це машини, подібні за конструкцією, так звані каландри. Останні 50 років швидкості каландрування зросли з 10—15 до 400м/хв, і, очевидно, ця швидкість перестала бути межею.

При каландруванні відбувається беззупинне продавлювання полімерного матеріалу через зазор між обертовими валками назустріч один одному у результаті чого утворюється нескінченний тонкий аркуш, або плівка. На відміну від вальцювання при каландруванні полімерний матеріал проходить через зазор лише одне раз. Тож отримання аркуша чи плівки з гладкою поверхнею доводиться пропускати її за кілька (зазвичай двоє чи троє) проміжків. Каландрування широко застосовується в гумовій промисловості й промисловості переробки пластмас виготовлення тонких плівок і листів із полімерного матеріалу, і навіть для накладення шару полімерного матеріалу на тканину.

Каландрування - це безперервне послідовне обтискування полімерних матеріалів у зазорах між терморегульованими валками, що обертаються назустріч один одному, внаслідок чого відбувається калібрування, дубжовання, тиснення, розгладжування чи формування плівки або одно-дво- чи багат шарових листів. На відміну від процесу вальцювання в разі каландрування виріб, що формується, проходить через один і той самий зазор тільки один раз. З метою виготовлення каліброваних листів, плівки та інших виробів з гладкою поверхнею. Виріб, який формують, пропускають через кілька зазорів (два, три). Тому в більшості випадків каландри мають три і більше валків.

За розташуванням валків каландри поділяються так:

- Г-подібні - тільки чотири- і п'ятивалкові каландри;



- L-подібні - тільки чотири- і п'ятивалкові каландри;
- вертикальні - дво-, три-, чотири- і п'ятивалкові каландри; трикутні - тільки трьохвалкові каландри;
- z і s-подібні - тільки чотиривалкові каландри.

За розмірами валки в каландрі поділяють на легкі ( $< 500$  мм,  $< 1250$  мм); середні  $< 710$  мм,  $< 1800$  мм і важкі  $> 950$  мм,  $> 2800$  мм). За призначенням каландри аналогічно вальцям поділяють на каландри для переробки гумових композицій і термопластів (в основному ПВХ).

На відміну від вальців каландри призначені для проведення завершальних формувально-калібрувальних операцій, в яких вимога забезпечення рівнотовщинності виробу, що формується, має дуже велике значення. Тому для забезпечення рівнотовщинності, наприклад, плівки, що формується, каландри можуть мати механізми перехресцювання валків, або ж самі валки можуть виготовлятися бочкоподібними.

### **Опис лабораторної установки**

Лабораторною установкою є модель (в масштабі 1:10) S-подібного каландра 4x950x2800 для виготовлення транспортерних стрічок. Базовими вузлами каландра є: станина, чотири валки з підшипниками, привід валків, шість механізмів регулювання зазорів, чотири механізми перехресцювання першого і четвертого валків, пристрій підведення води у валки, два завантажувальних конвеєра, гідро- і маслостанції, механізми обрізування країв стрічки, яка формується, і центрування металокордного полотна.

Привід змонтований на базі комбінованого блок-редуктора з чотирма вхідними і чотирма вихідними валками, які з'єднані через універсальні шпинделі з валками. Універсальні шпинделі забезпечують можливість передачі великих обертових моментів під час переміщення валків відносно вихідних валів блок-редуктора в разі регулювання зазорів і перехресцювання валків. Привід забезпечує регулювання колової швидкості валків у діапазоні 0,04...0,6 м/с при співвідношеннях швидкостей обертання валків 1:1 і 1,5:1. Фрикція між валками дозволяє направляти сформовані в першому і третьому зазорах у вигляді листів два шари гумової композиції у другий зазор, куди подається для двостороннього обкладання металокордне полотно.

Механізми регулювання зазорів змонтовані на базі двоступінчастих черв'ячних редукторів і силових гвинтів, з'єднаних з корпусами підшипників сферичними підп'ятниками. Робочий діапазон регулювання зазорів 0,3-10" \..0,05м, а для заправки - до 0,125 м.

Для компенсації прогину першого і четвертого валків каландр укомплектований чотирма механізмами їх перехресцювання. Перехресцювання валків відбувається в площинах, перпендикулярних до площин, в яких регулюється перший і третій зазори. У цьому каландрі механізми перехресцювання валків за своєю конструктивною схемою аналогічні механізмам регулювання зазорів, за винятком того, що вони розвивають менші зусилля і переміщення лише до 0,08 м.

Для компенсації люфтів у валкових підшипниках, сферичних підп'ятниках і силових парах гвинт-гайка, механізмів регулювання зазорів і перехресцювання валків вони укомплектовані гідроциліндрами односторонньої дії діаметрами

відповідно 0,21 і 0,12 м. Гідроциліндри змонтовані так, що забезпечують постійний натяг підшипникових вузлів валків, сферичних підп'ятників і пар гвинт - гайка в напрямі збільшення зазорів між валками.

Для підведення і відведення теплоносія в канали валків вони укомплектовані барботерами, з'єднаними з теплостанцією. Система терморегулювання забезпечує регулювання робочої температури робочої поверхні валків з похибкою  $\pm 5$  К.

Для завантаження гумової композиції каландр укомплектований хитним стрічковим транспортером, який забезпечує безперервну подачу вздовж робочого зазору між валками. Транспортёр має два приводи: привід хитання і привід руху стрічки. Привід хитання забезпечує рух вивантажувальної частини транспортера по довжині робочого зазору між валками. Швидкість руху стрічки конвеєра регулюється в діапазоні 0,1...0,5 м/с.

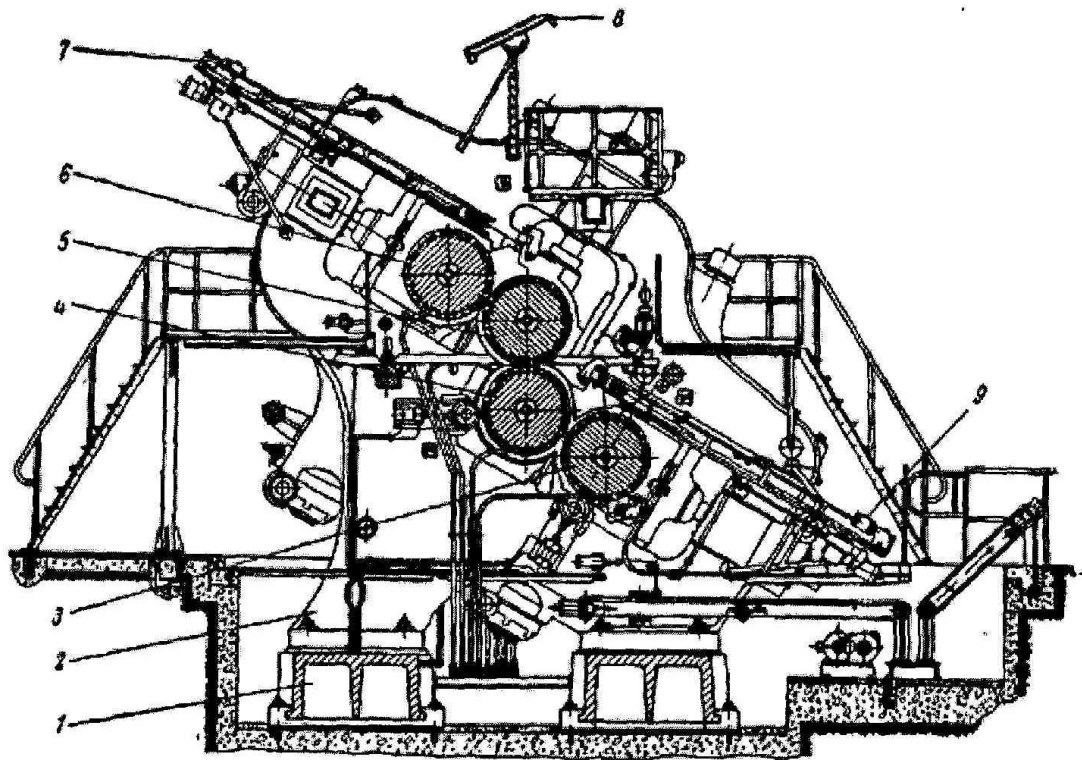


Рис. 7.1. Чотиривалковий каландр з S - подібним розташуванням валків:

1 – фундаментна плита; 2 – станина; 3 – нижній виносний валок;  
4 – нижній основний валок; 5 – верхній основний валок; 6 – верхній виносний валок;  
7, 9 – механізм завантаження; 8 – дзеркало.

### **Завдання на лабораторну роботу**

1. Дослідити конструкцію каландра та принцип його роботи.
2. Розробити загальний вигляд (ескіз) каландрів різноманітного призначення.
3. Скласти кінематичні схеми перехрещення та регулювання зазору валків та схему приводу каландра.
4. Окремо показати систему нагріву валків.
5. На розроблених схемах проставити позиції вузлів та деталей, розшифрувати їх та описати принцип роботи машини.

### **Контрольні запитання**

1. Опишіть існуючі види конструкцій каландрів.
2. Проаналізуйте особливості роботи каландра.
3. Запропонуйте шляхи вдосконалення даних конструкцій.

### **Рекомендована література**

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991.

2. Г. Шенкель. Шнековые прессы для пластмасс. – ГХИ: 1962. – С. 466.

Матеріали із мережі інтернет:

1. Сайти пошуку патентів: Укрпатент, ФПС, Google Patent Search, Rupto.

Конструкція та принцип дії видувної машини

**Мета:** – ознайомитись з класифікацією, конструкцією та принципом дії видувної машини.

**Хід лабораторної роботи:**

1. Організаційна частина
  - 1.1 Перевірка наявності студентів
  - 1.2 Перевірка готовності студентів до лабораторного заняття.
2. Вивчення загальних особливостей конструкції та роботи видувної машини.
  - 2.1 Ескізування видувних машин різноманітної компоновки та призначення.
  - 2.2 Простановка позицій вузлів та деталей на розроблених схемах та описати принцип роботи.
- 3 Формулювання висновків по лабораторній роботі.

**Основні теоретичні відомості**

По конструктивному виконанню та розміщенню механізмів видувної машини (ВМ) вони поділяються на:

1. горизонтальні (див. схему);
2. вертикальні (вузол пластикації розміщений вертикально);
3. кутові (особливо при роторних схемах управління формою).

По типу механізмів пластикації та формування трубчастої заготовки:

- з черв'ячним;
- з плунжерним;
- комбіновані (черв'ячно-плунжерні, дисково-плунжерні, дисково-черв'ячні).

**Принцип дії.**

Полімер (термопласти) пластикується в черв'ячному або іншому типі пластикаційного механізму і поступає у формуючу головку 5, рис. 8.1., де обтікаючий дорн 6 утворює трубчасту заготовку, довжиною, більшою висоти форми. В цей час ніпель 7, за допомогою пневмоциліндра 8, переміщується в напрямку голівки, форма замикається. Кромки днища форми виконані у вигляді ножів-стрічок зварювання. Зворотня сторона форми має різьбовий знак, який разом з ніпелем формує горловину виробу. Після змикання форми, в ніпель подається стиснуте повітря для роздуву виробу  $P \leq 0,1$  МПа. Після роздуву, форма вистояє в замкненому положенні проміжок часу. Після охолодження форма розмикається і виріб знімається з ніпеля або, навпаки, ніпель виривається і форми розмикаються розвантажуючи виріб.

Конструктивне оформлення машини має декілька варіантів. Наприклад, по розміщенню механізму управління ніпелем. Іноді, механізм 4 розміщують над голівкою 6 (дивись пунктир на схемі). В цьому випадку форма перевертається на  $180^\circ$ . Тоді ніпель розміщується в дорні голівки. В цьому випадку покращуються

умови розвантаження виробу. Після охолодження ніпель 7 зміщується в дорн, форма відкривається, виріб падає на транспортер.

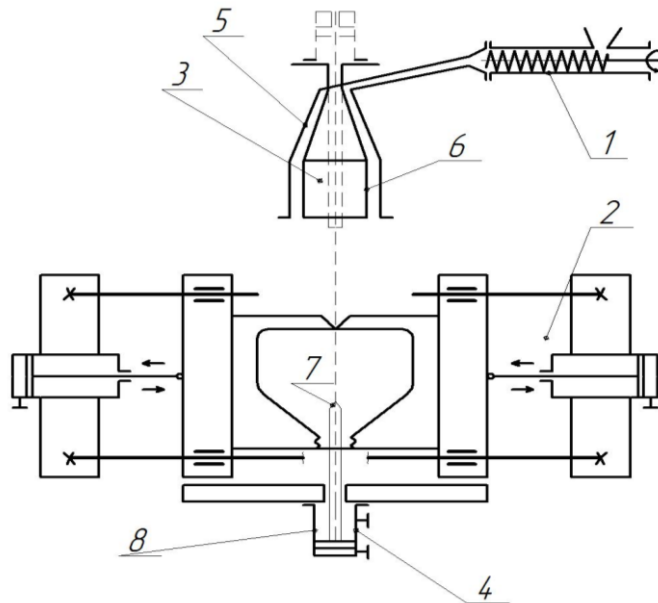


Рис. 8.1. Приклад виконання конструктивно-кінематичної схеми видувної машини:

1 – пластикаційно-екструзійний вузол; 2 – механізм змикання форми;  
3 – формуюча головка; 4 – механізм управління ніпелем для роздуву та формування внутрішньої порожнини; 5 – формуюча головка; 6 – дорн; 7 – ніпель; 8 – пневмоциліндр

### **Завдання на лабораторну роботу**

1. Дослідити конструкцію та принцип роботи видувної машини.
2. Розробити загальний вигляд (ескіз) видувних машин різної компоновки та призначення.
3. Скласти конструктивно-кінематичні схеми отриманих конструкцій.
4. На розроблених схемах проставити позиції вузлів та деталей, розшифрувати їх та описати принцип роботи.

### **Контрольні запитання**

1. Опишіть існуючі види видувних машин.
2. Проаналізуйте особливості роботи видувних машин.
3. Запропонуйте шляхи вдосконалення даних конструкцій.

### **Рекомендована література**

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991.

2. Г. Шенкель. Шнековые прессы для пластмасс. – ГХИ: 1962. – С. 466.

Матеріали із мережі інтернет:

1. Сайти пошуку патентів: Укрпатент, ФПС, Google Patent Search, Rupto.

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Техніка безпеки при роботі в лабораторії переробки полімерів.....	5
Вимоги до оформлення протоколу лабораторної роботи.....	6
Лабораторна робота №1 – Дослідження конструкції і кінематики ротаційної таблетмашини.....	8
Лабораторна робота №2 – Дослідження конструкції, кінематики та циклограми кривошипної таблетмашини.....	11
Лабораторна робота №3 – Вивчення конструкції та циклограми роботи гідравлічної таблетмашини.....	14
Лабораторна робота №4 – Вивчення конструкції та циклограми роботи машини для лиття полімерних матеріалів під тиском.....	19
Лабораторна робота №5 – Вивчення конструкцій сопел та зворотних клапанів машин для лиття під тиском.....	24
Лабораторна робота №6 – Дослідження конструктивних і енергосилових параметрів вальців .....	28
Лабораторна робота №7 – Вивчення конструкції та кінематики каландра.....	32
Лабораторна робота №8 – Конструкція та принцип дії видувної машини...	36

**Сівецький Володимир Іванович**  
**Куриленко Валерій Миколайович**  
**Івіцький Ігор Ігорович**

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА  
БУДІВЕЛЬНИХ ТА ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ - 2. ОБЛАДНАННЯ  
ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРІВ.**  
**Лабораторний практикум з навчальної дисципліни**

*для студентів,  
які навчаються за спеціальністю  
6.050503 «Машинобудування»,  
спеціалізація «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних  
матеріалів»  
денної форми навчання*

Комп'ютерна правка та верстка – *авторські*